

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-044937

(43)Date of publication of application : 16.02.2001

(51)Int.Cl. H04B 10/02
H04B 10/18
H04J 14/00
H04J 14/02

(21)Application number : 2000-199422

(71)Applicant : ALCATEL

(22)Date of filing : 30.06.2000

(72)Inventor : PENNINCKX DENIS
LANNE STEPHANIE
HAMAIDE JEAN-PIERRE

(30)Priority

Priority number : 99 9908846

Priority date : 08.07.1999

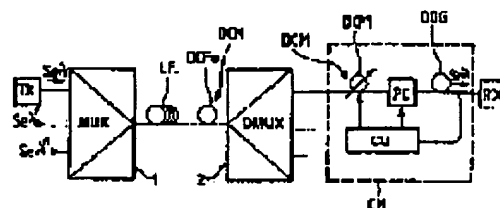
Priority country : FR

(54) POLARIZATION VARIANCE COMPENSATING DEVICE IN OPTICAL TRANSMISSION SYSTEM

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To improve the compensation effectiveness of polarization variance to increase a transmission speed and a transmission distance given by optical fibers.

SOLUTION: This device compensates link polarization variance with a polarization controller PC, a means DDG generating group delay time difference between two cross polarization modes and a controlling means CU of the controller PC. The device further includes a means DCM which intervenes in a link and compensates wavelength variance, and the means DCM executes compensation that is dynamically adjusted by the controlling means CU so as to optimize the quality of received optical signal $S_r\lambda$. The device is applied to long-distance optical transmission by standard fibers.

**LEGAL STATUS**

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision
of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(11)特許出願公開番号

特開2001-44937

(P2001-44937A)

(43)公開日 平成13年2月16日(2001.2.16)

(51) Int.Cl.?

識別記号

FI

7-73-1 (参考)

H04B 10/02

H04B 9/00

M

10/18

E

H04J 14/00

14/02

審査請求 未請求 請求項の数10 OL (全 7 頁)

(21)出願番号 特願2000-199422(P2000-199422)

(22)出願日 平成12年6月30日(2000.6.30)

(31)優先権主張番号 9908846

(32)優先日 平成11年7月8日(1999.7.8)

(33)優先権主張国 フランス (FR)

(71)出題人 391030332

アルカテル

フランス国、75008 パリ、リュ・ラ・ボ
エティ 54

(72)発明者 ドウニ・ペナックス

フランス国、91620・ノザイ、リュ・バ
ストウル、5

(72)発明者 ステファニー・ラヌ

フランス国、75014・パリ、リュ・デ・ブ
ラント、41

(74) 代理人 100062007

弁理士 川口 義雄 (外3名)

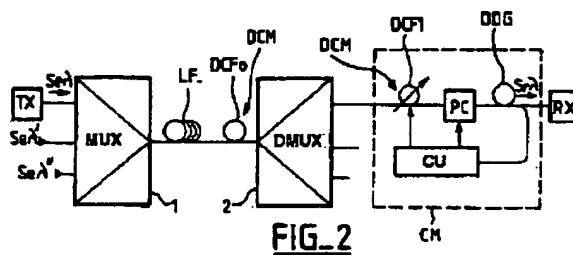
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 光伝送システムにおける偏波分散補償装置

(57) 【要約】

【課題】 光ファイバーによって与えられる伝送速度および伝送距離を増加するために、偏波分散の補償の有効性を改善する偏波分散補償装置を提供する。

【解決手段】 この装置は、偏光コントローラPCと、2つの直交偏光モードの間で群遅延時間差を生成する手段DDGと、偏光コントローラPCの制御手段CUとによりリンクの偏波分散を補償する。装置は、さらに、リンクに介在して波長分散を補償する手段DCMを含み、この手段は、受信した光信号S_{rλ}の品質を最適化するように制御手段により動的に調整される補償を実施する。標準ファイバーによる長距離光伝送に適用される。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 偏光された光信号 ($S_e \lambda$) を送信する送信端末 (TX) と、伝送光ファイバー (LF) と、受信端末 (RX) とを含む光伝送システム用の補償装置であり、

前記補償装置が、偏波分散を補償する第1の補償手段を含み、

前記第1の補償手段が、少なくとも1つの偏光コントローラ (PC) と、2つの直交偏光モードの間で群遅延時間差を生成する手段 (DDG) とを含み、

偏光コントローラ (PC) および群遅延時間差生成手段 (DDG) が、伝送ファイバーと受信端末との間にこの順序で介在し、

偏光コントローラ (PC) を制御する制御手段 (CU) を含む補償装置であって、

前記補償装置が、さらに、送信端末および受信端末 (TX、RX) の間に介在して、調整可能な波長分散 (DCX) の補償を実施可能な第2の補償手段 (DCM) を含み、

前記制御手段 (CU) が、前記偏光コントローラ (PC) および前記第2の補償手段 (DCM) を、受信端末 (RX) から受信した光信号 ($S_r \lambda$) の品質を示す測定パラメータ (p) に応じて、また前記品質を最適化するべく制御するように構成されることを特徴とする補償装置。

【請求項2】 第1の補償手段および第2の補償手段の制御手段 (CU) が、送信信号 ($S_e \lambda$) および受信信号 ($S_r \lambda$) の間に含まれるリンク全体の主要偏光状態の方向 (e) と、受信信号 ($S_r \lambda$) の偏光ベクトル (S) の方向との間の角度 (Φ) が、常に、補償を備えない伝送システムに対する品質の改善を可能にする所定値よりも小さくなるような応答時間および精度を有することを特徴とする請求項1に記載の補償装置。

【請求項3】 前記制御手段 (CU) が、前記角度 (Φ) を10度未満に留めるように構成されることを特徴とする請求項2に記載の補償装置。

【請求項4】 前記制御手段 (CU) が、前記角度 (Φ) を3度未満に留めるように構成されることを特徴とする請求項3に記載の補償装置。

【請求項5】 前記測定パラメータ (p) が、前記受信信号 ($S_r \lambda$) の偏光度であり、
前記制御手段 (CU) が、前記偏光度を最大にするように構成されていることを特徴とする請求項1から4のいずれか一項に記載の補償装置。

【請求項6】 前記測定パラメータ (p) が、受信信号 ($S_r \lambda$) の検出により得られる電気信号の変調のスペクトル幅であり、

前記制御手段 (CU) が、前記スペクトル幅を最大にするように構成されていることを特徴とする請求項1から

【請求項7】 前記測定パラメータ (p) が、受信信号 ($S_r \lambda$) の検出により得られる電気信号の変調のスペクトル幅による前記受信信号 ($S_r \lambda$) の偏光度の加重積であり、

前記制御手段 (CU) が、前記加重積を最大にするように構成されていることを特徴とする請求項1から4のいずれか一項に記載の補償装置。

【請求項8】 請求項1から7のいずれか一項に記載の補償装置を含むことを特徴とする光伝送システム。

【請求項9】 複数の波長分割多重チャンネル ($S_e \lambda$ 、 $S_e \lambda'$ 、 $S_e \lambda''$) を備えた信号用の光伝送システムであって、

前記波長分割多重チャンネル ($S_e \lambda$ 、 $S_e \lambda'$ 、 $S_e \lambda''$) の少なくとも1つ ($S_r \lambda$) を、受信時に抽出する手段 (2) と、

抽出したチャンネル ($S_r \lambda$) に結合し、請求項1または8のいずれか一項に適合する少なくとも1つの補償装置 (CM、DCFO) と、を含むことを特徴とする光伝送システム。

【請求項10】 波長分散補償手段 (DCM、DCFO) が、

前記抽出する手段 (2) の前段で、前記伝送光ファイバー (LF) と直列に配置された第1の固定された分散補償光ファイバー (DCFO) と、

前記抽出する手段 (2) および前記受信端末 (RX) との間に配置される調整可能な分散補償光ファイバー (DCF1) とを含むことを特徴とする請求項9に記載の光伝送システム。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、光学的な手段による信号伝送の分野にあり、特に、光ファイバーを使用する長距離リンクにおける高速伝送にある。

【0002】 本発明は、光ファイバー伝送システムで観察される偏波分散を少なくとも部分的かつダイナミックに補償するための装置に関する。

【0003】

【従来の技術】 光ファイバー伝送システムは、一般に、一伝送情報に応じて光パワーおよびまたは光周波数を変調する、少なくとも1つの光搬送波を用いる送信端末と、一送信端末から送信される信号を導く少なくとも1つのシングルモードファイバー区間からなる光伝送リンクと、一ファイバーから伝送される光信号を受信する受信端末とを含む。

【0004】 特に信号の品質および伝送速度という観点から、光伝送システムの性能は、リンクの光学的な特性により特に制限され、このリンクは、光信号を劣化する作用がある様々な物理現象の源となる。識別されている全ての現象のなかで、光パワーの減衰および波長分散

こうした現象によって生じる劣化を少なくとも部分的に解消する手段が提案された。

【0005】所定のタイプのファイバーにおける減衰は、信号搬送波の波長に依存する。従って、「標準ファイバー」と呼ばれる、最近10年間に設置されたシングルモードファイバーは、波長が約 $1.5\mu\text{m}$ であるとき減衰が最小になるので、搬送波に対してこの値を選択することが有利である。

【0006】また、伝送距離をさらに延ばすために、リンクの上流または下流に、あるいはリンクの全長に沿って、光増幅器を配置することにより、減衰を補償することができた。

【0007】同様に、波長分散も波長に依存する。標準ファイバーの場合、波長分散は、 $1.3\mu\text{m}$ でゼロであり、 $1.5\mu\text{m}$ では、およそ $1.7\text{ps}/(\text{km}\cdot\text{nm})$ に相当する。 $1.5\mu\text{m}$ で減衰が小さいため、「分散シフト光ファイバー：DSF」と呼ばれる、波長 $1.5\mu\text{m}$ で波長分散がゼロである新しいファイバーが開発された。

$$DR = DC + DL = \int D_1(z_1).dz_1 + \int D_2(z_2).dz_2$$

ここで、 z_1 は、分散補償光ファイバーに沿って配置される点の横座標であり、 z_2 は、関連する伝送リンクのファイバーに沿って配置される点の横座標である。

D_1 、 D_2 は、それぞれ分散補償光ファイバーおよび伝送リンクのファイバーの横座標 z_1 と z_2 における波長分散パラメータである。累積分散DC、DLを表す積分は、それぞれ、分散補償光ファイバーに沿って、関連する伝送リンクのファイバーに沿って計算され、光波の伝播方向を正の方向として考慮している。

【0012】分散パラメータDは、以下の式によって、伝播定数 β に關与する。

【0013】

【数2】

$$d^2\beta/d\omega^2 = -(2\pi c/\omega^2)D$$

ここで、 ω は、光波の角周波数であり、 c は、真空中における光の速度である。

【0014】従って、波長分散の正確な補償条件は、 $DR = DC + DL = 0$ である。

【0015】実際には、波長分散の正確な補償が常に最適であるとは限らない。何故なら、補償された信号の品質は、また、伝送の他のパラメータ、特に伝送信号の変調のタイプに依存するからである。これは、送信信号が「チャープ(chirp)」すなわち、振幅変調を伴う光周波数変調を有する場合に特にそうなる。

【0016】事実、このような補償が課されるのは、必要な場合だけであって、すなわち補償がされないとビット誤り率が、商業的に許容できる限界値を越える、一般には 10^{-15} を越えるような幾つかの伝送状態(ファ

【0008】しかしながら、既に設置された標準ファイバーの性能を改善するために、 $1.5\mu\text{m}$ において、標準ファイバーの波長分散効果も修正しようと試みられた。

【0009】1つの解決方法は、少なくとも1つの「分散補償光ファイバー：DCF」をリンクに挿入することからなる。これによって、波長分散を正確に補償するには、分散補償光ファイバーの距離および分散特性を、分散補償光ファイバーに沿って累積される分散が、伝送リンクのファイバーに沿って形成される分散に等しく、かつ逆符号であるようにするだけでよい。

【0010】1つまたは複数の分散補償光ファイバーを含むリンク全体に対して、残留累積分散値DRを定義することができる。残留累積分散値DRは、1つまたは複数の分散補償光ファイバーの累積分散DCと伝送リンクのファイバーの累積分散DLとの代数的な和である。この値は、数学的には次の式によって表される。

【0011】

【数1】

度)の場合だけである。しかも、分散補償光ファイバーのコストを最小にするために、通常は、必要なビット誤り率に適應する最低補償値を選択する。そのため、十分に短いリンクの場合は、波長分散を補償しようとする努力さえなされない。

【0017】現在まで、上記の補償は独立して扱われ、「偏波分散」と呼ばれる好ましくない別の現象が考慮に入れられたことはない。実際、光伝送システムの現行の利用条件では、この現象は、長い間、波長分散に対して無視できるものとみなされてきた。だが、リンクの距離をさらに延ばそうとし、また特に伝送速度を増やそうとする以上、もはやこの現象を無視することはできない。

【0018】たとえ通常の意味における波長分散がなくても、また送信機のレベルでレーザダイオードから供給される搬送波が完全に偏光されても、ファイバーは、たとえば送信端末から送られるパルスが、ファイバーを伝播後に、変形されて受信され、元の期間よりも長い期間を有するという結果をもたらす偏波分散の源である。

【0019】こうした変形は、ファイバーの複屈折性によるものであり、その結果、伝送中に光信号の偏光が乱れる。おおよそのところ、リンクファイバーの端で受信した信号は、2個の直交成分から構成されるものとみなされ、一方の直交成分は、伝播速度が最高である偏光状態(最も速い主要偏光状態)に対応し、他方の直交成分は、伝播速度が最低である偏光状態(最も遅い主要偏光状態)に対応する。換言すれば、リンクファイバーの端で受信したパルス信号は、優先的な偏光状態に従って偏光されて最初に到着する第1のパルス信号と、遅延伝播

ifferential Group Delay)」と呼ばれる遅延を伴って到着する第2のパルス信号とから構成されるとみなされる。DGDは、特にリンクファイバーの距離に依存する。従って、この2つの主要偏光状態(PSP: Principal States of Polarisation)が、リンクを特徴付ける。

【0020】そのため、送信端末が、非常に短いパルスからなる光信号を送信する場合、受信端末が受信する光信号は、直交偏光されてDGDに等しい時間差を有する2個の連続パルスから構成される。端末による検出は、受信した光パワー全体の測定結果を電氣的に供給することからなるので、検出されたパルスの時間幅は、DGDの値に応じて増加する。

【0021】この遅延は、距離100キロメートルの標準ファイバーの場合、約50ピコ秒(ps)とすることができる。受信端末が受信するパルスが変形していると、伝送データの復号化エラーを引き起こし、その結果として、偏波分散は、アナログおよびデジタルの光リンクの性能を制限するファクターになる。

【0022】現在、偏波分散が小さい(約0.05 ps/vkm)シングルモードファイバーを製造することが既知である。しかしながら、設置された「標準ファイバー」の場合は問題が存続し、これらの標準ファイバーは、偏波分散が非常に大きいことから、伝送速度が増加する場合に、技術的に重大な障害になる。一方で、この問題は、伝送速度をさらに増加したいときに、偏波分散の小さいファイバーに対しても発生する。

【0023】さらに、偏波面保存光ファイバー(PMF)と称される偏波分散の大きいファイバーを実現することが既知であり、偏波面保存光ファイバーは、短い距離の区間で使用され、主要偏光状態が不変である固定の群遅延時間差を得ることができる。このような構成部品(あるいは2つの直交偏光モードの間で遅延時間差を発生するあらゆる装置)を、偏波分散を有する伝送リンクと直列に適切に配置することによって、偏波分散を光学的に補償することができる。これは、伝送リンクと同じ遅延時間差のある偏波面保存光ファイバーを使用するが、低速と高速の主要偏光状態を相互変換することによって、または、リンクおよび偏波面保存光ファイバーからなる全体の主要偏光状態を、送信時のソースの偏光状態と一致させることによって実現できる。このために偏光コントローラを使用し、これをリンクと偏波面保存光ファイバーとの間に設置する。

【0024】偏波分散現象の重要な特徴は、リンクの群遅延時間差の値DGDと主要偏光状態とが、振動や温度などの多数のファクターに応じて経時的に変化することにある。従って、波長分散とは違い、偏波分散は、ランダムな現象であるとみなさなければならない。特に、測定されたDGDの平均値として定義される「PMD(P

olarisation Delay): 偏波分散遅延」の値によって、リンクの偏波分散を特徴付ける。

【0025】より詳しくは、ポアンカレ空間で、任意の回転ベクトル Ω により偏波分散を示すことができる。ポアンカレ空間では、ストークスベクトルといわれる偏光状態ベクトル S により偏光状態を示し、ベクトルの一端は、球に配置される。図1は、関連する主要なベクトル、すなわち、偏光状態ベクトル S 、偏波分散ベクトル Ω 、および主要偏光状態ベクトル e を示し、 Φ は、 S と Ω との間の角度である。

【0026】ベクトル e および Ω の方向は、同じであり、関係式 $dS/d\omega = \Omega \times S$ が得られ、ここで、 ω は光波の角周波数であり、記号 \times は、ベクトル積を示す。

【0027】係数 Ω は、群時間差であり、すなわちリンクの偏光の2つの主要状態に応じて偏光される2つの光波の間の伝播遅延である。

【0028】こうした任意の特徴がもたらす別の結果として、補償装置は適応性のあるものでなくてはならず、また偏波面保存光ファイバーの群遅延時間差は、補償を望む群遅延時間差の値に少なくとも等しくなるように選択しなければならない。このような補償装置は、欧州特許出願EP-A-853395号(1997年12月30日出願、1998年7月15日公開)に記載されている。

【0029】PMDの補償についての研究段階で出現した問題は、偏波分散および波長分散を組み合わせた影響の問題である。実際には、PMDの補償は、リンク全体としての残留波長分散値DRから非常に影響を受けやすく、従って波長分散の存在と選択された補償値の影響を受けやすい。

【0030】特に、PMDがない場合には、このような補償が不要であるようなリンクに対してさえ、同じ波長分散の正確な補償を導入する必要性が指摘された。

【0031】同様に、PMDが存在するときに適用すべき波長分散の最適な補償値が、常に、たとえば送信信号が「チャープ」を有する場合で、PMDが存在しないときに適用される最適な補償値に対応するわけではないことも分かった。

【0032】この現象は、PMDを補償するために使用される方法が、光角周波数 ω に対して第1次の補償を行うという事実により説明することができる。実際には、偏波分散ベクトル Ω ならびに主要偏光状態が、角周波数 ω に依存し、こうした依存性は、第1次の補償が実施されるときに優位になる。 ω に対する第2次の作用は、PMDにより導入される追加の波長分散として部分的に取り扱うことができる。PMDは、ランダムであるので、導入されたこの波長分散も、ランダムであることになる。

【0033】

は、前述の検討事項を考慮することによって偏波分散の補償の有効性を改善することにある。

【0034】

【課題を解決するための手段】このため、本発明は、偏光された光信号を送信する送信端末と、伝送光ファイバーと、受信端末と、場合によっては光増幅器とを含む、光伝送システム用の補償装置を目的とし、この補償装置は、偏波分散を補償する第1の補償手段を含む。この第1の補償手段が、一少なくとも1つの偏光コントローラと、-2つの直交偏光モードの間で、群遅延時間差を生成する手段とを含み、偏光コントローラおよび群遅延時間差生成手段が、伝送ファイバーと受信端末との間に、この順序で介在する。

【0035】-また、偏光コントローラを制御する制御手段を含む。

【0036】さらに、補償装置は、前記送信端末および受信端末の間に介在して、調整可能な波長分散の補償を実施可能な第2の補償手段を含む。前記制御手段は、偏光コントローラおよび前記第2の補償手段を、受信端末によって受信した光信号の品質を示す測定パラメータに応じて、また前記品質を最適化するべく制御するように構成されることを特徴とする。

【0037】かくして、偏光コントローラと同様に、波長分散補償を動的に制御することにより、実際には一定である通常の意味の波長分散だけではなく、PMDによって導入されるランダムな波長分散の補償をも実施することができる。

【0038】理想的には、補償は、信号の品質を最大限に改善することを目指さなければならないが、これは、送信信号と受信信号との間に含まれるリンク全体の主要偏光状態の方向 θ が、受信信号の偏光ベクトル S の方向と常時一致することとなって現れる。換言すれば、先に定義した角度 Φ をできるだけ小さくしなければならない。

【0039】しかし、実際には、補償の有効性は、測定装置、信号処理装置、およびアクチュエータ装置（偏光コントローラ、波長分散補償装置）の実際の能力により制限される。別の制限は、このような装置のコストである。

【0040】本発明はまた、伝送システムの状況、また所望の性能に応じて、こうした補償手段の能力についての問題を解決するアプローチを提案することを目的とする。

【0041】本発明の他の特徴によれば、前記第1および第2の補償手段の制御手段は、送信信号および受信信号の間に含まれるリンク全体の主要偏光状態の方向と、受信信号の偏光ベクトルの方向との間の角度が、補償を備えない伝送システムに対して品質の改善を可能にする所定値よりも常に小さくなるような、応答時間および精

【0042】実験によれば、この角度の最大値を見積もることができる。

【0043】かくして、本発明の特定の特徴によれば、制御手段は、前記角度が10度未満に留まり、好適には3度未満に留まるように設計される。

【0044】本発明の他の特徴によれば、測定パラメータは、受信光信号の偏光度か、または受信光信号の検出により得られる電気信号の変調のスペクトル幅であり、制御手段は、このパラメータを最大化するように構成されている。

【0045】補償の有効性を改善可能な変形実施形態によれば、測定パラメータは、受信信号の検出により得られる電気信号の変調のスペクトル幅による受信信号の偏光度の加重積であり、制御手段は、この積を最大化するように構成されている。

【0046】本発明はまた、上記の補償装置を組み込んだ光伝送システムを目的とする。システムは、単一チャンネルのシステム、すなわち単一の波長によって搬送される信号を搬送するように構成されるシステムであるか、または、波長分割多重（「WDM」）システム、すなわち異なる波長により搬送される複数のチャンネルからなる信号を搬送するように構成されるシステムである。後者の場合、各チャンネルに特定の補償を実施しなければならない。そのために、本発明による装置は、受信時において少なくとも1つのチャンネルを抽出する手段と、このチャンネルに結合される補償装置とを含む。

【0047】本発明の他の特徴および長所は、添付図面に関する以下の説明から明らかになるであろう。

【0048】

【発明の実施の形態】図2は、本発明による補償装置を備えた光伝送システムを、例として概略的に示す図である。

【0049】図示された例は、それぞれ波長 λ 、 λ' 、 λ'' の搬送波により複数のチャンネル $S_{\theta\lambda}$ 、 $S_{\theta\lambda'}$ 、 $S_{\theta\lambda''}$ を搬送するように構成された波長分割多重化システムである。各チャンネル、たとえば $S_{\theta\lambda}$ は、偏光された搬送波の振幅変調（およびまたは光周波数変調）として光信号を送信する送信端末TXから送られる。チャンネルは、マルチプレクサ1で結合され、マルチプレクサの出力は、伝送光リンクに結合される。このリンクは、一般に光ファイバーLFから構成され、ファイバーの前段およびまたは後段に配置される光増幅器（図示せず）を含むことができる。リンクは、また、複数のファイバー区間から構成可能であり、この区間の間に光増幅器が配置される。

【0050】リンクの端は、受信機RXに向けられたチャンネル $S_{r\lambda}$ を抽出する役目をするデマルチプレクサ2を介して、少なくとも1つの受信端末RXに接続される。

RXとの間に配置された偏波分散補償手段CMを含む。
偏波分散補償手段は、

- 少なくとも1つの偏光コントローラPCと、
- 2個の直交偏光モードの間に、群遅延時間差を生成する手段DDGと、
- 偏光コントローラPCの制御手段CUとを含む。

【0052】偏波分散補償手段CMの詳しい実施例および対応する説明は、上記の欧州特許出願EPA-853395号に記載されている。制御手段CUは、群遅延時間差生成装置DDGから送られる信号の偏光度を最大にするように構成され、群遅延時間差生成装置は、一般に偏波面保存光ファイバPMFから構成される。ビット誤り率を最小にするために、他の制御方法も使用可能であり、たとえば、群遅延時間差生成装置DDGから送られる光信号の検出により電気信号を得て、この電気信号の変調のスペクトル幅を最小にするように構成された制御装置を使用できる。有利には、上記の2つのパラメータの加重積、すなわち $DOP \times \Delta\omega$ の形のパラメータpを測定パラメータとして使用できる。このとき、DOPは偏光度、 $\Delta\omega$ はスペクトル幅、xとyが関与する伝送システムのために最適化された加重係数である。

【0053】本発明によれば、補償装置は、波長分散補償手段DCMにより補完される。これらの手段は、たとえばデマルチプレクサ2の前端に伝送ファイバ(LF)と直列に配置された第1の分散補償光ファイバDCF0と、デマルチプレクサ2および受信端末RXの間に配置された調整可能な分散補償光ファイバDCF1とから構成される。こうした構成により、DCF0によってチャンネル全体に共通の補償を実施し、DCF1によって各チャンネルに特定の動的な補償を実施することができる。この調整可能な分散補償光ファイバDCF1は、たとえば「チャープされた」ブラッグ回折格子網(reseau de chirpe)を備えるファイバからなり、piezo-electrique)アクチュエータにより調整可能な電圧を受けることができる。

【0054】シングルチャンネルシステムの場合は、マルチプレクサ1およびデマルチプレクサ2がないことによって、前述のシステムと区別される。

【0055】非線形効果などの他の現象を考慮しない場合、波長分散補償手段DCMを構成する1つまたは複数の分散補償光ファイバの位置は決定的ではない。これは、リンクの全体における残留分散値だけが重要であるからである。しかしながら、実際上の様々な理由から、受信機の近傍に1つまたは複数の分散補償光ファイバを配置することが好ましい場合がある。

【0056】実施すべき波長分散補償を決定する従来のアプローチは、固定値を選択することからなる。ところで、この方法は、一般に、PMDを考慮する場合は受け

だムの挙動への応答に対して動的に調整された値をとらなければならない。

【0057】図3は、本発明による補償装置の制御手段CUの詳細図である。

【0058】この制御手段は、光電インターフェースOEを含み、その入力、群遅延時間差生成装置DDGから送られる信号Srλの一部を受信する。このインターフェースの出力は、AD変換器ADCを介して、処理手段PUに接続されている。処理手段PUの出力は、DA変換器DACを介して、偏光コントローラPCおよび分散補償光ファイバDCF1を制御する。

【0059】インターフェースOEは、信号Srλの品質、たとえば信号Srλの偏光度を示す測定パラメータpを生成する役割をする。処理手段PUは、偏光コントローラPCおよび分散補償光ファイバDCF1に実施すべきコマンドを決定するための最適化アルゴリズムを実行するようにプログラムされ、信号Srλの最大品質に対応する極値に、パラメータpを保持するようにする。

【0060】最適化アルゴリズムは、分散補償光ファイバと、偏光コントローラの少なくとも2個の調整値とを制御するような多次元のタイプである。このタイプの多数のアルゴリズムが存在し、たとえば、William H. Press他による「Numerical Recipes in C」(Cambridge University Press 1994年)の412~420頁に記載されたような、いわゆるパウエルの方法(Powell method)を実施するように構成されたアルゴリズムを使用可能である。

【0061】調整ループ全体の性能は、PMDの問題に適合しなければならない。特に、その応答時間が、実際に観察されるPMDの変動の高速性に適応しなければならない。さらに、調整ループは、改善を得るように十分な精度を持たなければならない、この精度は、所望の改善レベルに依存する。精度に関するこうした条件は、送信信号Seλおよび受信信号Srλの間に含まれるリンク全体の主要偏光状態の方向eと、受信信号Srλの偏光ベクトルSの方向との間の角度φが、常に、補償を備えない伝送システムに対して信号の品質の改善を可能にする所定値未満に留まるようにすることによって表すことができる。

【0062】実験によれば、この角度は一般に10度未満、好適には3度未満に留まらなければならないことが分かった。

【0063】偏光ベクトルSは、50回転/秒まで実施可能であるので、そこから、所望の信号品質に応じて、調整ループを課すべき最短応答時間を導くことができる。応答時間は、実際には、たとえば1ミリ秒未満でなければならない。

【図1】ポアンカレ空間を示す図である。

【図2】本発明による補償装置を含む光伝送システムを概略的に示す図である。

【図3】本発明による補償装置の制御手段を詳しく示す図である。

【符号の説明】

λ 、 λ' 、 λ'' 波長

$S_{e\lambda}$ 、 $S_{e\lambda'}$ 、 $S_{e\lambda''}$ チャンネル

TX 送信端末

RX 受信端末または受信機

LF 光ファイバー

CM 偏波分散補償手段

PC 偏光コントローラ

CU 制御手段

DDG 群遅延時間差生成手段

PMF 偏波面保存光ファイバー

DCF0 分散補償光ファイバー

DCF1 調整可能な分散補償光ファイバー

DCM 波長分散補償手段

OE 光電インターフェース

PU 処理手段

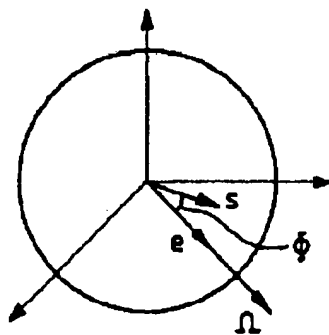
ADC AD変換器

DAC DA変換器

1 マルチプレクサ

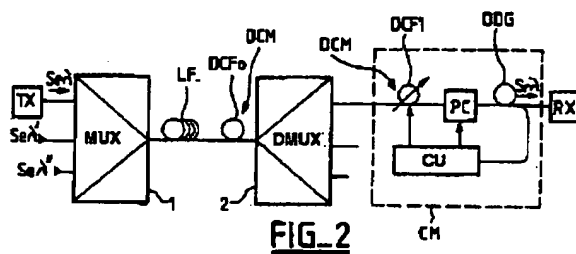
2 デマルチプレクサ

【図1】



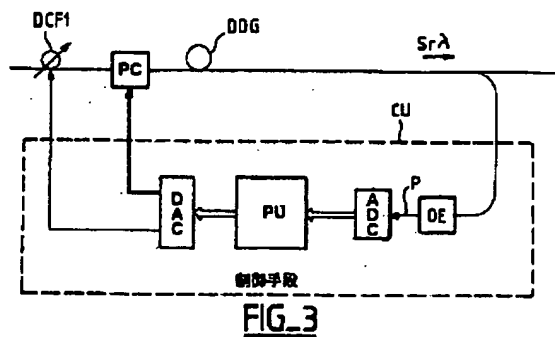
FIG_1

【図2】



FIG_2

【図3】



FIG_3

フロントページの続き

(72) 発明者 ジャンーピエール・アマイド
フランス国、91180・サン・ジェルマン・
レ・アルバジヨン、リュ・デュ・ドクトー
ル・エル・パパン、46・ビス